Opérateur CALC_AMOR_MODAL

1 But

Créer une liste d'amortissements modaux calculés selon la règle du RCC-G. Le calcul s'effectue en post-traitement du calcul modal d'une structure de type bâtiment dont le radier repose sur un sol modélisé par des ressorts.

Le principe du calcul est basé sur la pondération par les taux d'énergie potentielle (par rapport à l'énergie totale) des amortissements réduits affectés par groupes de mailles constitutifs de la structure (en fait des paramètres d'entrée de la table d'énergie potentielle créée par POST_ELEM) et des amortissements rayonnés dans le sol, par degré de liberté, fonctions de la fréquence [bib1] [bib2].

On a également la possibilité alternative de créer directement une liste d'amortissements modaux par fréquence calculée d'un concept de type mode_meca. Cette liste dépend à la fois des valeurs des fréquences du mode et des coefficients intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh.

La liste créée est utilisable par la suite dans la commande DYNA_TRAN_MODAL [U4.53.21] derrière le mot clé LIST_AMOR.

Produit un concept de type listr8.

2 Syntaxe

```
listr8 [listr8] =  CALC_AMOR_MODAL  (

/   ♦   ENER_SOL  = _F(  ♦  MODE_MECA =   mod,              [mode_meca]
                 ◊  METHODE   =  /   'DEPL',               [DEFAUT]
                                 /   'RIGI_PARASOL',
                 ♦  KX      =   kx,                        [R]
                 ♦  KY      =   ky,                        [R]
                 ♦  KZ      =   kz,                        [R]
                 ◊   ♦  KRX       =   krx ,                [R]
                     ♦  KRY       =   kry ,                [R]
                     ♦  KRZ       =   krz ,                [R]

               # Si METHODE='DEPL' :
                 ♦   GROUP_NO_RADIER = l_grno,             [l_group_no]

               # Si METHODE='RIGI_PARASOL' :
                 ♦  GROUP_MA_RADIER  = l_grma,             [l_group_ma]
                 ♦  /  FONC_GROUP       = l_fonc,          [l_fonction]
                    /   COEF_GROUP      = l_coef,          [l_R]
                 ♦  /   GROUP_NO_CENTRE = grno,            [group_noeud]
                    /  NOEUD_CENTRE     = noeud,           [noeud]
                    /  COOR_CENTRE      = (x, y, z),       [l_R]
                 ),
    ♦   AMOR_INTERNE = _F   (
                    ♦   ENER_POT    = epot,                [table_sdaster]
                    ♦  GROUP_MA     = l_grma,              [l_group_ma]
                    ♦  AMOR_REDUIT  = l_amor,              [l_R]
                    ),
    ♦   AMOR_SOL  = _F   (
                 ◊  AMOR_REDUIT =    / 0.,                 [DEFAUT]
                                     / amor,               [R]
                 ♦  FONC_AMOR_GEO =  l_f_amor,             [l_fonction]
                 ◊  HOMOGENE    =    / 'OUI',              [DEFAUT]
                                     / 'NON',
                 ◊  SEUIL       =    / 0.3,                [DEFAUT]
                                     / seuil,              [R]
                 ),
/   ♦   AMOR_RAYLEIGH    = _F(  ♦  MODE_MECA =  mod,       [mode_meca]
                 ♦  AMOR_ALPHA    =  alpha,                [R]
                 ♦  AMOR_BETA     =  beta,                 [R]
                     ),
                           )
```

3 Opérandes

3.1 Mot clé ENER_SOL

Ce mot clé facteur utilisé une seule fois sert à introduire les données nécessaires au calcul de l'énergie potentielle dans le sol par degré de liberté pour toutes les fréquences d'un concept de type mode_meca.

3.1.1 Opérande METHODE

Cet opérande permet de définir la méthode de calcul de l'énergie dans le sol par fréquence.

Avec la valeur 'DEPL', on calcule l'énergie à partir des déplacements moyennés sur les nœuds du radier pour chaque mode : $E=\frac{1}{2}\sum_{i=1,6} k_i U_i^2(fr)_i$,où les k_i représentent les 6 composantes KX, KY, KZ, KRX, KRY et KRZ de la rigidité globale des ressorts de sol (cf. [§3.1.3]).

Avec la valeur 'RIGI_PARASOL', on calcule l'énergie à partir des efforts moyennés sur les nœuds du radier pour chaque mode : $E=\frac{1}{2}\sum_{i=1,6} \frac{F_i^2}{k_i}(fr)_i$.

Les efforts aux nœuds avec cette méthode sont déterminés à partir des valeurs de rigidité réparties aux nœuds sous le radier comme par l'option RIGI_PARASOL d'AFFE_CARA_ELEM [U4.42.01].

3.1.2 Opérande MODE_MECA

Permet d'introduire le concept de type mode_meca contenant les fréquences de calcul de l'énergie potentielle.

3.1.3 Opérandes KX / KY / KZ / KRX / KRY / KRZ

Représentent les valeurs des composantes de la rigidité globale des ressorts de sol.

Interviennent dans le calcul des termes $k_i.U_i^2, i=1,NCmp$,

$NCmp$ est le nombre de composantes (3 ou 6) déterminé par la présence ou l'absence des opérandes KRX, KRY, KRZ utilisés (s'ils le sont) obligatoirement ensemble. $NCmp$ et le nombre de ddls portés par les nœuds du radier peuvent être différents.

3.1.4 Opérande GROUP_NO_RADIER

Cet opérande est lié à la valeur 'DEPL' de l'opérande METHODE.

Liste de groupes de nœuds constituant le radier de la structure posé sur le sol. On calcule par la suite le déplacement moyenné en ces nœuds U de composantes U_i pour chaque mode calculé de fréquence fr afin de pouvoir déterminer l'énergie dans le sol par ddl et par fréquence : $\frac{1}{2}k_i.U_i^2(fr)$.

3.1.5 Opérande GROUP_MA_RADIER

Cet opérande est lié à la valeur 'RIGI_PARASOL' de l'opérande METHODE.

Liste de groupes de mailles constituant le radier de la structure posé sur le sol. Permet de calculer l'effort moyenné aux nœuds de ces mailles F de composantes F_i pour chaque mode calculé de fréquence fr afin de déterminer l'énergie dans le sol par ddl et par fréquence : $\frac{1}{2}\frac{F_i^2}{k_i}(fr)$.

3.1.6 Opérande FONC_GROUP / COEF_GROUP / GROUP_NO_CENTRE / NOEUD_CENTRE / COOR_CENTRE

Ces opérandes sont également liés à la valeur 'RIGI_PARASOL' de l'opérande METHODE.

Ces sont les mêmes que dans l'option RIGI_PARASOL d'AFFE_CARA_ELEM [U4.42.01]. Ils permettent également d'obtenir les valeurs de rigidité réparties aux nœuds sous le radier servant à déterminer les efforts nodaux par mode puis leur moyenne F de composante F_i .

Un opérande choisi parmi FONC_GROUP / COEF_GROUP permet de déterminer des pondérations, fonctions de l'abscisse ou réelles, de chacun des groupes de mailles constitutifs du radier. Les formules restent au choix de l'utilisateur. Par défaut, on considère que la fonction de répartition est constante et unitaire, c'est à dire que chaque surface est affectée du même poids [bib2].

Il faut donc autant de termes dans la liste correspondante que dans la liste des groupes de mailles donnée par l'opérande GROUP_MA_RADIER.

Un opérande choisi parmi GROUP_NO_CENTRE / NOEUD_CENTRE / COOR_CENTRE permet de fournir soit le nœud central du radier par un groupe de nœuds d'un seul nom ou par un nom de nœud unique, soit directement ses coordonnées.

3.2 Mot clé AMOR_INTERNE

Utilisé une seule fois en même temps que le mot-clé ENER_SOL.

La contribution à l'amortissement réduit de chaque mode est établie à partir de la répartition de l'énergie potentielle dans la structure pour le mode considéré. Cette répartition est obtenue à l'aide de la commande POST_ELEM [U4.81.22] à partir du concept de type mode_meca (cf. [§3.1.1]) qui produit une table.

Les paramètres d'entrée de cette table sont des noms de groupes de mailles, définis par l'utilisateur en fonction des répartitions d'amortissement matériel dans la structure.

3.2.1 Opérande ENER_POT

Nom de la table d'énergie potentielle produite par la commande POST_ELEM [U4.81.22].
Les paramètres nécessaires de la table sont :

PARAMETRES	TYPE	DESCRIPTION
NUME_ORDRE	I	Numéro d'ordre
FREQ	R	Fréquence au numéro d'ordre NUME_ORDRE
LIEU	K8	Entité géométrique associée : il peut s'agir de toute la structure, d'un ensemble de mailles ou de groupes de mailles
POUR_CENT	R	Taux d'énergie potentielle par rapport à l'énergie totale

Pour davantage d'informations sur le sens des paramètres, le lecteur est invité à consulter la documentation de la commande POST_ELEM [U4.81.22].

3.2.2 Opérande **GROUP_MA**

La liste de noms de groupes de mailles à partir desquels on pointera dans la table définie par `ENER_POT` (cf. [§3.2.1]).

3.2.3 Opérande **AMOR_REDUIT**

La liste des valeurs réelles d'amortissement matériel correspondant, terme pour terme, à la liste de noms de groupes de mailles définie par `GROUP_MA` (cf. [§3.2.2]).

3.3 Mot clé **AMOR_SOL**

Utilisé une seule fois en même temps que le mot-clé `ENER_SOL`.

Il permet de déterminer la contribution de l'amortissement géométrique dû à la réflexion des ondes élastiques. Ces valeurs d'amortissement directionnelles sont obtenues en interpolant pour chaque fréquence propre calculée les fonctions d'amortissement géométriques $\frac{\mathrm{Im}(K(\omega))}{2\,\mathrm{Re}(K(\omega))}$ (cf. §[3.3.1]) où $K(\omega)$ est l'impédance complexe du sol déterminée à l'aide d'un des logiciels MISS3D, CLASSI ou PARASOL :

$$amor(\omega_i)=\left[\omega_i,\frac{\mathrm{Im}(K(\omega_i))}{2\,\mathrm{Re}(K(\omega_i))}\right]$$

3.3.1 Opérande **FONC_AMOR_GEO**

Définit la liste de fonctions de la fréquence des amortissements géométriques, une par ddl (3 ou 6).

3.3.2 Opérande **AMOR_REDUIT**

Correction dans le calcul de l'amortissement géométrique due à l'amortissement matériel réduit du sol.

Remarque :

La valeur d'amortissement réduit est nécessaire uniquement si l'impédance du sol est produite par PARASOL. Si l'impédance du sol est produite par MISS3D, cette valeur n'est nécessaire que si le sol est homogène (voir opérande `HOMOGENE` [§3.3.3]*).*

3.3.3 Opérande **HOMOGENE**

Si le sol est homogène (`'OUI'`), on pondère le calcul de l'amortissement dans le sol (matériel plus géométrique) par le facteur 0.5. Alors dans le cas où l'impédance du sol est produite par MISS3D, on doit introduire pour l'opérande `AMOR_REDUIT` (cf. [§3.3.2]) la demi-valeur de l'amortissement matériel réduit du sol.

3.3.4 Opérande **SEUIL**

Valeur définie dans le RCC-G [bib1] (0.3 par défaut) pour le seuil au-delà duquel on tronque éventuellement l'amortissement modal. Ce seuil opère après les éventuelles corrections précédentes.

3.4 Mot clé **AMOR_RAYLEIGH**

Utilisé une seule fois à l'exclusion du mot-clé ENER_SOL. Ce mot-clé permet de calculer une liste d'amortissement modaux par fréquence calculée d'un concept de type mode_meca. Cette liste dépend à la fois des valeurs des fréquences du mode $freq_i$ et des coefficients intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh.

3.4.1 Opérande **MODE_MECA**

Permet d'introduire le concept de type mode_meca contenant les fréquences à partir desquelles on va calculer l'amortissement modal.

3.4.2 Opérandes **AMOR_ALPHA / AMOR_BETA**

Représentent respectivement les valeurs des composantes α et β intervenant dans l'expression de l'amortissement de Rayleigh à partir des opérateurs de rigidité et de masse : $C=\alpha K+\beta M$.
Alors pour chaque fréquence calculée $freq_i$ du concept de type mode_meca mod associée à une pulsation $\omega_i=2\pi\, freq_i$ on obtient un amortissement modal équivalent :

$$\xi_i=\frac{1}{2}(\alpha\omega_i+\frac{\beta}{\omega_i})$$

4 Bibliographie

(1)RCC-G : Règles de conception et de construction des îlots nucléaires REP. EDF - Direction de l'Equipement Edition Juillet 1988

(2)Fe. WAECKEL Réponse sismique par analyse transitoire [R4.05.01]

5 Exemple d'utilisation

L'utilisation de CALC_AMOR_MODAL nécessite le calcul des modes propres de la structure sur des ressorts de sol sous la forme d'un concept de type mode_meca et d'un concept de type table_sdaster de ces modes calculé au moyen de la commande POST_ELEM [U4.61.04].

L'exemple suivant est extrait du test SDLL109B.

```
# CALCUL DES QUANTITES MODALES -----------------------------------------

MODE0=MODE_ITER_SIMULT(  MATR_A=RIGIDITE,
                              MATR_B=MASSE,
                             CALC_FREQ=_F(  OPTION = 'PLUS_PETITE',
                                         DIM_SOUS_ESPACE = 125,
                                         NMAX_FREQ = 33)  )

MODE0=NORM_MODE(reuse=MODE0,  MODE=MODE0,   NORME='TRAN_ROTA',
                       MASS_INER=MASSESTR              )

EPOT=POST_ELEM(  MODELE=STICKMOD,
               RESULTAT=MODE0,
               CHAM_MATER=CHAMPMAT,   CARA_ELEM=CARA_ELE,
              ENER_POT=_F(  TOUT = 'OUI',
                 GROUP_MA = ('POU_D_T', 'MASSES', 'LIAI_NOE', 'LIAI_SOL',))
                       )

#
FT=DEFI_FONCTION(   NOM_PARA='FREQ',
          VALE=( 0., 0.0,  10., 0.3, 30., 1.5, 100., 1.5, ) )

#
FR=DEFI_FONCTION(   NOM_PARA='FREQ',
          VALE=( 0., 0.0,  10., 0.05, 30., 0.75, 100., 0.75, ) )

L_AMOR=CALC_AMOR_MODAL(
        ENER_SOL=_F( MODE_MECA = MODE0,
                   GROUP_NO_RADIER = 'P1',
                  KX = 6.295E11, KY = 6.295E11, KZ = 6.864E11,
                  KRX = 3.188E14, KRY = 3.188E14, KRZ = 3.2E14),
        AMOR_INTERNE=_F(
            ENER_POT = EPOT,
            GROUP_MA = ('POU_D_T', 'MASSES', 'LIAI_NOE',),
            AMOR_REDUIT = (0.07, 0.07, 0.02,)),
        AMOR_SOL=_F(
            FONC_AMOR_GEO = (FT, FT, FT, FR, FR, FR,),
            HOMOGENE = 'NON')
                        )
```